

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CHARLES MICHEL SEZYSHTA

LAÍS FERNANDA OYA SILVA

DESCOBRINDO AS ERVILHAS DE MENDEL

Curitiba

2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CHARLES MICHEL SEZYSHTA

LAÍS FERNANDA OYA SILVA

## DESCOBRINDO AS ERVILHAS DE MENDEL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná como requisito para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo P. de Souza

Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lupe Furtado Alle

Curitiba

2015

## RESUMO

Conteúdos de genética necessitam de conhecimentos consolidados em diferentes áreas como a biologia celular, molecular e, inclusive, matemática. É uma das áreas na qual os alunos, tanto de ensino médio quanto de superior, têm maior dificuldade no aprendizado, principalmente quando o tema é a segregação alélica (Primeira Lei de Mendel). Como ferramenta, foi desenvolvida uma atividade chamada de “Descobrimos as Ervilhas de Mendel”. Este material tem como objetivos: ser um apoio aos professores para consolidar conceitos (alelos, genes, cromossomos, segregação, genótipo, fenótipo); demonstrar visualmente a dinâmica da Primeira lei de Mendel; apresentar a variabilidade na produção de gametas e no pareamento dos cromossomos homólogos na formação do zigoto. O material consiste em bolas de isopor caracterizadas com os fenótipos de ervilhas amarelas e verdes “recheadas”, conforme o fenótipo, com cromossomos confeccionados de massa de biscoito nas cores azul, vermelho e roxo (Parental-1, Parental-2 e Descendentes, respectivamente), com faixas brancas (Centrômero), amarelas (Alelo Dominante) e verdes (Alelo Recessivo). Na proporção de 3:1, conforme a Primeira Lei de Mendel, as ervilhas foram inseridas em pacotes identificados (Parental-1, Parental-2 e descendentes). A atividade propõe sortear ervilhas dos pacotes Parentais, fazer a identificação de seus fenótipos e, ao abri-las, montar os possíveis genótipos dos descendentes deste cruzamento através dos cromossomos. Posteriormente, faz-se o sorteio do descendente e deve-se então questionar os alunos se a ervilha sorteada pode ter como parentais as ervilhas sorteadas anteriormente, fenotípica e genotipicamente. Todos estes dados devem ser anotados em uma tabela, juntamente com cálculos de frequências fenotípicas e genotípicas.

Palavras-chave: genética, material didático, Mendel.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Representação de um par de cromossomos homólogos, genes, alelos e locus.<br>Fonte: Os autores. ....   | 8  |
| Figura 2 - Esquema da Meiose I e II: Prófase I (B - G ); Metáfase I (H); Anáfase I (I);<br>Telófase I (J); Prófase II (L); Metáfase II (M); Anáfase II (N); Telófase II (O). Fonte:<br><a href="http://atricolinabiologa.blogspot.com.br/2014/04/meiose-meiosis-diminuicao.html">http://atricolinabiologa.blogspot.com.br/2014/04/meiose-meiosis-diminuicao.html</a> ..... | 10 |
| Figura 3 - Experimento de Mendel. Fonte: Os autores.....   | 12 |
| Figura 4 - Dinâmica da distribuição dos alelos, explicação utilizada por Mendel para explicar<br>os resultados obtidos. Fonte: Os autores.....   | 13 |
| Figura 5 - Bolas de Isopor 80mm, cortadas ao meio, com buraco de aproximadamente<br>55mm, e com tiras de velcro para que possam ser fechadas. Fonte: Os autores. ....  | 16 |
| Figura 6 - Cromossomos, identificados por cores, região centromérica e alelos. Fonte: Os<br>autores.....   | 17 |
| Figura 7 - Pacotes para ervilhas. Fonte: Os autores. ....  | 17 |
| Figura 8 - Cruzamento das linhagens puras homozigotas, dando origem aos híbridos da<br>geração F <sub>1</sub> . Fonte: Os autores. ....  | 20 |
| Figura 9 - Cruzamento dos híbridos de F <sub>1</sub> . Fonte: Os autores. ....   | 20 |
| Figura 10 - Resultado da distribuição os alelos de origem do cruzamento de Aa X Aa. As<br>cores dos cromossomos, vermelho e azul, indicam a origem do parental. Os descendentes<br>sempre possuem uma cópia do cromossomo de cada parental. Fonte: Os Autores. ....  | 21 |

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1.0 INTRODUÇÃO .....  | 6  |
| 1.1 Conceitos básicos de genética e a Primeira Lei de Mendel..... | 8  |
| 1.2 Ferramentas didáticas .....                                   | 13 |
| 2.0 OBJETIVOS.....  | 14 |
| 2.1 Objetivo Geral.....   | 15 |
| 2.2 Objetivos Específicos .....                                   | 15 |
| 3.0 JUSTIFICATIVA.....  | 15 |
| 4.0 MATERIAIS E MÉTODOS.....                                      | 16 |
| 4.1 Confecção do material .....                                   | 16 |
| 4.2 Metodologia da atividade.....                                 | 18 |
| 4.2.1 Aula teórica.....   | 19 |
| 4.2.2 Atividade prática .....                                     | 21 |
| 4.3 Metodologia de avaliação da atividade .....                   | 22 |
| 5.0 RESULTADOS .....  | 23 |
| 5.1 Artigo.....   | 24 |
| 6.0 CONCLUSÃO .....   | 39 |
| 7.0 BIBLIOGRAFIA .....  | 40 |

## 1.0 INTRODUÇÃO

A disciplina de Biologia exige dos alunos muito mais que o domínio de conceitos científicos, é necessário desenvolver a criatividade para que os conteúdos abstratos, muitos baseados em estruturas microscópicas, sejam construídos de maneira sólida. Por esta dificuldade de visualizar os processos biológicos de uma forma dinâmica, os alunos tendem a memorizar conceitos, ou resoluções de problemas, de maneira mecânica e superficial.

A genética é um dos conteúdos mais problemáticos, pois necessita de conhecimento consolidado de diferentes áreas, como a Biologia Celular, Biologia Molecular, e até mesmo a matemática (CANAL, 2001). Marília Cid e Antônio J. Neto (2005) classificam a complexidade dos conteúdos de genética em diferentes níveis: Macro, Sub-micro e simbólico. Sendo o primeiro relacionado à observação de características morfológicas dos seres vivos, o nível Sub-micro consiste nos conceitos necessários para explicar o observado, nem sempre acessível aos sentidos dos alunos, e por último o nível simbólico que são as representações matemáticas utilizadas para explicar os processos do sub-micro que originam o macro.

Conceitos como DNA, alelo, cromossomos homólogos, cromátides irmãs, genes, ou processos como mitose e meiose são muitas vezes decorados de uma forma engessada, sem a clara compreensão do seu significado em um contexto maior. Muitos destes conceitos básicos estão inseridos em nosso cotidiano, principalmente pela mídia, como alimentos transgênicos, clonagem, testes de DNA, insetos transgênicos, melhoramento genético, descoberta de novos genes, genes relacionados ao comportamento ou ao câncer.

O conteúdo de genética, que é essencial como base conceitual para compreensão da evolução dos seres vivos e da própria biologia, é considerado de difícil aprendizado até mesmo para alunos que concluem com sucesso o Ensino médio e conseguem aprovação nos exames de acesso aos cursos de biologia (CID e NETO, 2005; WOOD-ROBINSON *et al.*, 2000).

Daysy Mara de Andrade *et al.* (2011) observaram que os temas de genética e evolução foram os mais citados, pelos professores, quando questionada a

difficuldade observada no aprendizado dos alunos. Porém, neste mesmo trabalho, alguns professores julgam que existem conteúdos curriculares em biologia desnecessários, e que os alunos não possuem maturidade nem conhecimento prévio sobre o tema. Coincidentemente, os conteúdos julgados desnecessários são os mesmos considerados difíceis de serem lecionados.

No estudo de Marília Pisco Castro Cid (2004), alunos entre 15 e 17 anos, pertencentes ao 11º ano de escolaridade de uma escola em Portugal, relataram que, inicialmente, tiveram dificuldades de compreensão dos mecanismos de funcionamento e processos envolvidos na genética, mas posteriormente estas dificuldades foram superadas. Através de relatos e questionários, o autor pressupõe que as resoluções dos exercícios são feitas aplicando um algoritmo de maneira repetitiva e mecânica. Pois, a maioria dos alunos entrevistados, ao receber um problema de genética, apresentava a resposta correta, porém, nenhum conseguiu explicar de maneira satisfatória a resolução do problema em função dos conceitos e processos envolvidos.

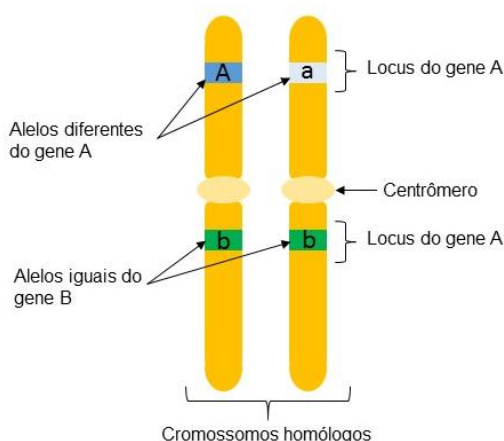
No cenário brasileiro, Maria de Fátima Lima Fabrício *et al.* (2006) comparam o desempenho de alunos, de ensino médio e superior (curso de Licenciatura em Biologia), através de um questionário contendo seis questões relacionadas aos temas: Primeira e Segunda lei de Mendel. O resultado, quanto ao acerto e erro de questões, foi semelhante nos dois níveis de escolaridade. A diferença observada foi que alunos de ensino médio cometiam sempre os mesmos erros nas respostas, enquanto os licenciandos apresentavam erros diversos. Os autores atribuíram esta diversidade de erros ao maior volume de informações adquiridas durante formação acadêmica dos estudantes de biologia. Porém, da mesma maneira que ocorre com os alunos de ensino médio, os conteúdos não são consolidados. Os conceitos são decorados para as avaliações, mas permanecem “soltos”, de maneira que os alunos não conseguem fazer conexão entre o conteúdo teórico, os fatos relacionados à transmissão dos caracteres hereditários e o contexto fora da sala de aula.

Marília Cid e Antônio J. Neto (2005) alegam que muitos dos conceitos e processos envolvidos na genética são desenvolvidos de maneira segregada e defasada, e as relações entre os conteúdos não são exploradas, acreditando, assim, que os alunos estejam aptos a estabelecer, de maneira independente, as pontes entre processos, conceitos e temas.

Segundo Maria de Fátima Lima Fabrício *et al.* (2006), tanto alunos de Ensino Médio quanto do Ensino Superior apresentam dificuldades em compreender o processo de segregação. A má construção do conteúdo, da Primeira e Segunda Leis de Mendel durante o Ensino médio, pode fazer com que o aluno prossiga para o Ensino Superior despreparado, uma vez que este conteúdo está inserido no currículo de graduação de diferentes cursos.

### 1.1 Conceitos básicos de genética e a Primeira Lei de Mendel

Antes de explicar a Primeira Lei de Mendel, é necessário compreender alguns conceitos e os processos da formação dos gametas. Os organismos eucariontes diploides ( $2n$ ) possuem em seu núcleo celular dois conjuntos de cromossomos, ou seja, contêm pares de cromossomos homólogos (Figura 1). Cromossomos homólogos são duas cópias de um cromossomo, esses são similares e de mesmo tamanho, um é proveniente do genitor masculino e o outro do feminino (ALBERTS *et al.*, 2006; SNUSTAD *et al.*, 2008).



**Figura 1 - Representação de um par de cromossomos homólogos, genes, alelos e locus.**  
**Fonte: Os autores.**

Todas as células de organismos diploides ( $2n$ ) possuem dois conjuntos cromossômicos específicos da espécie, exceto, em suas células reprodutivas (gametas). Os gametas, óvulos e espermatozoides, são chamadas de células haploides ( $n$ ) por possuírem apenas um conjunto cromossômico, ou seja, contém

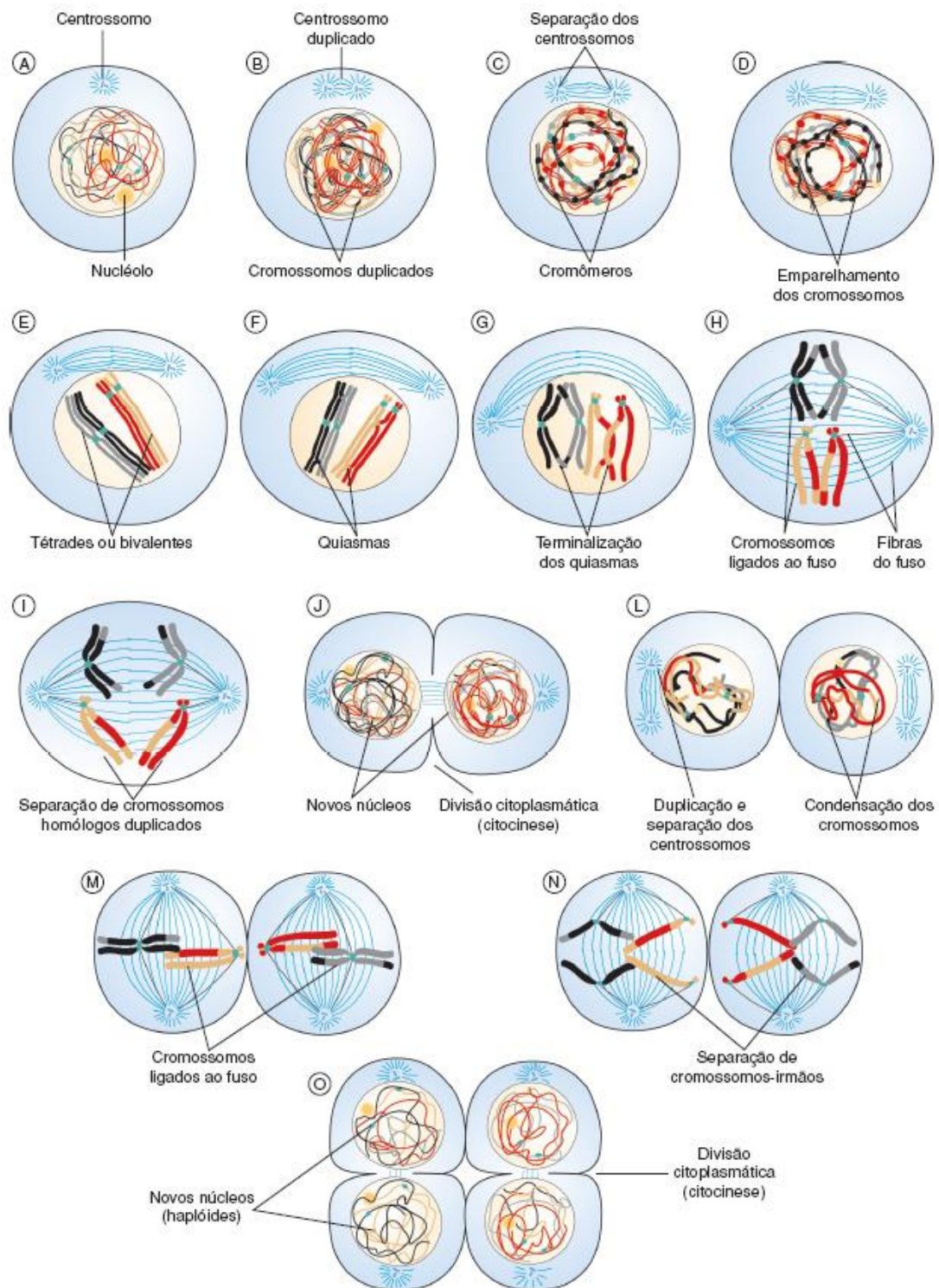


apenas um cromossomo de cada par de homólogos de suas células diploides (ALBERTS *et al.*, 2006; SNUSTAD *et al.*, 2008).

As células reprodutivas primordiais são diploides, porém passam por um processo importante denominado meiose. A meiose é um processo de divisão celular, que ocorrem em duas partes: Meiose I e Meiose II.

Antes de iniciar a meiose, o DNA é duplicado (Figura 2 A - B). A primeira etapa, meiose I (Figura 2 B – J), também é conhecida como meiose reducional porque é onde ocorre a separação dos cromossomos homólogos (Figura 2H-I), ou seja, ocorre a redução do número de cromossomos nas novas células geradas. O produto final da meiose I são duas células filha haploides ( $n$ ), porém com os seus cromossomos ainda duplicados. Essas células filhas prosseguem para a meiose II (Figura 2 J-O). Na meiose II, ou meiose equacional, ocorre a separação das cromátides-irmãs (cópias de um cromossomo ligadas pelo centrômero) sem que haja a redução do número de cromossomos (Figura 2 M-N). Ao final do processo completo da meiose, uma célula diploide ( $2n$ ) dará origem a quatro células filhas haploides ( $n$ ) (ALBERTS *et al.*, 2006; SNUSTAD *et al.*, 2008).

Quando ocorre a união dos gametas ( $n$ ), a fecundação, surge um zigoto que dará origem a um novo indivíduo diploide ( $2n$ ). A meiose tem um papel fundamental na manutenção do número de cromossomos das espécies eucariontes durante a reprodução. Sem o processo da meiose, a quantidade de cromossomos seria duplicada a cada geração, e isso geraria uma situação insuportável tanto pela limitação de tamanho, como capacidade metabólica das células (ALBERTS *et al.*, 2006).



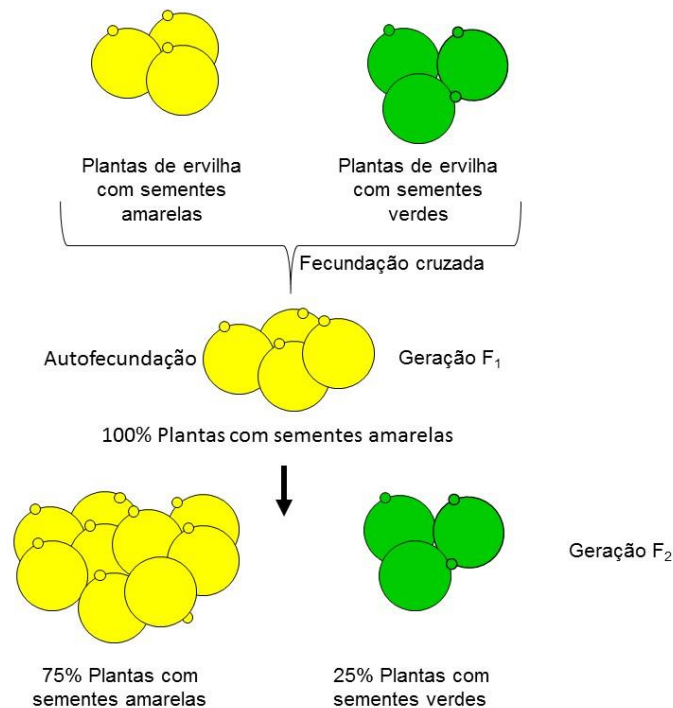
**Figura 2 - Esquema da Meiose I e II: Prófase I (B - G ); Metáfase I (H); Anáfase I (I); Telófase I (J); Prófase II (L); Metáfase II (M); Anáfase II (N); Telófase II (O). Fonte: <http://atricolinabiologa.blogspot.com.br/2014/04/meiose-meiosis-diminuicao.html>**

Os cromossomos homólogos possuem os mesmos genes (porções de DNA que controlam uma característica hereditária específica) localizados em regiões fixas denominadas locus (Figura 1). Cada gene pode ter formas alternativas, essas são chamadas de alelos. Assim, os alelos estão presentes aos pares, um em cada cromossomo homólogo, e sempre no mesmo locus. Os alelos, de um mesmo gene, são representados pelo mesmo símbolo básico, por exemplo: letras maiúsculas e minúsculas (“A” e “a”, “B” e “b”), quando existem apenas duas formas alélicas para o gene; ou sequências numeradas de uma mesma letra (“A1”, “A2”, “A3”, “A4”...) quando existem mais de duas formas alélicas (Figura 1) (ALBERTS *et al.*, 2006; SNUSTAD *et al.*, 2008).

Primeira Lei de Mendel, ou lei da segregação, diz respeito a segregação alélica. Os pares de alelos para cada característica são separados durante a formação dos gametas dos parentais, e posteriormente, na fecundação, essas células haploides se reúnem de maneira aleatória. Assim, cada genitor contribui igualmente para a prole. Esta constituição genética do organismo é denominada genótipo (ALBERTS *et al.*, 2006).

Gregor Mendel desenvolveu seu trabalho sem conhecer nenhum dos conceitos mencionados acima. Mendel queria entender como os fenótipos eram transmitidos, e porque algumas características desapareciam em alguns descendentes, e reapareciam em outras gerações. Ele trabalhou com uma espécie de ervilha, observando características como: cores das ervilhas e vagens (amarela/verde), cor das flores (brancas/púrpuras), formato da ervilha (lisa/rugosa), formato da vagem (inflada/constrita), posição das flores (terminal/axial), tamanho da planta (alta/baixa). Essas características observáveis são definidas como fenótipo (ALBERTS *et al.*, 2006; SNUSTAD *et al.*, 2008).

Mendel fez autofecundação de diversas ervilhas até encontrar as linhagens puras, aquelas cuja progênie é fenotipicamente semelhante ao parental. Após encontra-las, ele cruzou plantas que geravam apenas ervilhas verdes com plantas que geravam apenas amarelas. Desse cruzamento ele obteve a geração F<sub>1</sub> gerando apenas ervilhas amarelas, o fenótipo verde havia desaparecido. Mendel fez a autofecundação nas plantas F<sub>1</sub>, dando origem a geração F<sub>2</sub>. Em F<sub>2</sub> as plantas apresentavam os dois fenótipos na proporção de 3 amarelas para 1 verde (Figura 3) (ALBERTS *et al.*, 2006).



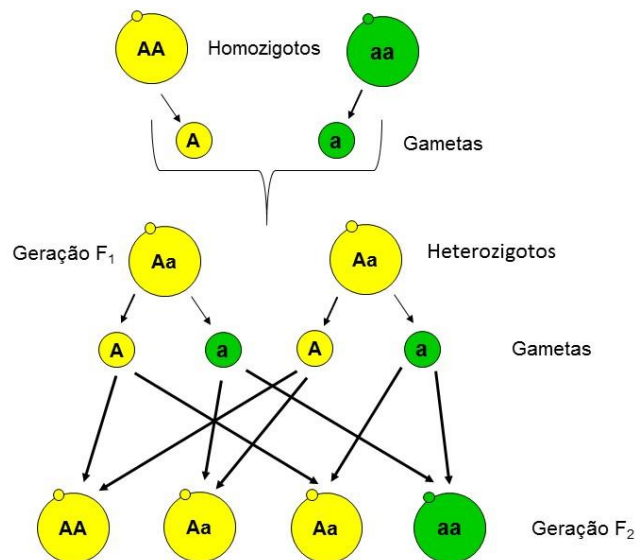
**Figura 3 - Experimento de Mendel. Fonte: Os autores**

Para explicar os resultados obtidos, Mendel supôs que a herança das características é governada por fatores hereditários, que hoje denominamos genes, e esses fatores atuam como partículas discretas que permanecem isoladas. Além disso, ele sugeriu que esses fatores apresentavam versões alternativas, hoje conhecidos por alelos, que definiam se a coloração seria amarela ou verde, e tinham algum tipo de interação (ALBERTS *et al.*, 2006).

Mendel imaginou que para cada característica expressa, a planta herdaria dois alelos, um de cada genitor. O fenótipo dependeria de quais alelos seriam herdados. Quando herdados alelos idênticos são chamados de homozigotos, como no caso das ervilhas que geraram F<sub>1</sub>, (amarelas - AA, verdes - aa). Os híbridos de F<sub>1</sub> são chamados de heterozigotos, pois herdaram um alelo "A" (amarelo) e outro "a" (verde) (ALBERTS *et al.*, 2006).

Mendel supôs que haviam alelos dominantes e recessivos. O alelo dominante, quando presente, seria determinante na expressão do fenótipo. Enquanto alelo recessivo, ou silenciado, não tem capacidade de se manifestar quando um outro

alelo dominante está presente, ou seja, ele só será expresso quando em homozigose(Figura 4) (ALBERTS *et al.*, 2006).



**Figura 4 - Dinâmica da distribuição dos alelos, explicação utilizada por Mendel para explicar os resultados obtidos. Fonte: Os autores.**

Desta maneira, Mendel conseguiu explicar como o fenótipo verde desapareceu na geração F1, e voltou a ressurgir na geração F2.

## 1.2 Ferramentas didáticas

Jogos pedagógicos ou didáticos devem proporcionar aprendizagens, utilizando do recurso lúdico para alcançar objetivos pedagógicos relacionados à cognição, afecção, socialização, motivação e criatividade, mas principalmente como alternativa para facilitar a compreensão de conteúdos considerados difíceis. (CUNHA, 1988; GOMES *et al.*, 2001; MIRANDA, 2001; CAMPOS, 2003).

Segundo Zuanon 2010 os jogos devem ser explorados no intuito de elucidar as questões contextualizadas em sala de aula, e para que isso ocorra de maneira eficaz é necessário descentralizar as opiniões para promover o crescimento afetivo e cognitivo dos alunos. Quando os alunos compartilham suas ideias e experiências, criando modelos ou jogos, possibilita a construção, organização e aplicação dos

conhecimentos. Estas atividades mantêm um patamar de igualdade entre alunos e professores, favorecendo as aprendizagens significativas.

Como ferramenta, o professor deve adotar práticas que atuem no aprendizado e assimilação de conteúdos pelo aluno. Atividades lúdicas podem trazer resultados positivos despertando no aluno a curiosidade sobre o assunto tratado (KISHIMOTO, 1996; MIRANDA, 2001).

Nos conteúdos de genética, este processo de aprendizagem pode ser otimizado pela utilização do lúdico, através de jogos ou dramatizações, simulações de investigação científica, modelos, utilização de ferramentas multimídias ou *softwares* (GOLDBACH & MACEDO, 2007).

Ferramentas didáticas alternativas podem atrair os alunos, e proporcionar novas experiências onde os mesmos poderão construir seu conhecimento através da curiosidade, investigação, ou por outros estímulos que fogem do padrão tradicional de aula.

A preocupação com o ensino de genética é crescente, e pode ser observada pela quantidade de artigos, materiais e sites especializados que visam tornar o aprendizado de genética mais fluído e consistente, principalmente através de diversas atividades lúdicas. Golsbach e Macedo (2007) realizaram uma pesquisa nacional sobre a produção acadêmica sobre o ensino de genética e, nos eventos da área de Ensino de ciências e biologia, no ano de 2006 foram apresentados 117 trabalhos. Destes, 50 foram de propostas de atividades práticas e 67 de cunho acadêmico.

Devido à importância da compreensão e fixação dos conceitos básicos em genética, e a eficiência que a aplicação ferramentas lúdicas demonstram no ensino-aprendizagem, este trabalho teve como objetivo desenvolver uma atividade lúdica como ferramenta para o ensino da primeira lei de Mendel. Uma vez que compreendidos os conceitos básicos, a construção do conhecimento de conteúdos mais complexos, e/ou abstratos, envolvendo a genética tornam-se mais sólida.

## **2.0 OBJETIVOS**

## **2.1 Objetivo Geral**

O material desenvolvido tem como objetivo servir de apoio aos professores para consolidar conceitos como: alelos; genes; cromossomos; segregação; genótipo e fenótipo.

## **2.2 Objetivos Específicos**

- Atrair a atenção e instigar a curiosidade dos alunos, fazendo com que estes visualizem passo-a-passo a dinâmica da Primeira Lei de Mendel.
- Facilitar a compreensão do produto da meiose II no processo da gametogênese.
- Demonstrar a variabilidade na formação de gametas e nos possíveis descendentes por meio do pareamento dos cromossomos homólogos na formação do zigoto.
- Distinguir caracteres genotípicos e fenotípicos, bem como suas frequências.

## **3.0 JUSTIFICATIVA**

Uma vez que estudos demonstram dificuldades na compreensão do conteúdo de Genética mendeliana, desde o Ensino Médio, é de suma importância que o professor utilize meios de facilitar este aprendizado. Essa atividade permite que o aluno possa visualizar e compreender os conceitos da genética mendeliana vistos em aula teórica.

A genética mendeliana permite ao aluno conhecer a dinâmica de diversas doenças hereditárias. Assim, o aluno pode compreender, em contexto real, quando há necessidade de aconselhamento genético em casais que desejam ter filhos. Além disso, podemos relacionar esta herança monogênica com temas atuais como transgenia, terapia gênica, e suas causas e consequências.

## 4.0 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Confeção do material

- Massa de Biscuit nas cores: Branca, verde, amarela, azul, vermelha, roxo.
- Pacotinhos de TNT nas cores: Vermelha, Azul, Roxo.
- 10 Bolinhas de Isopor de 80mm.
- Tinta acrílica nas cores: Amarela e Verde.
- Velcro.

Bolas de isopor foram cortadas ao meio, uma porção interna foi retirada para formar um buraco de aproximadamente 5,5cm de diâmetro. As bolas foram pintadas externamente, 7 na cor amarela e 3 na cor verde. Para fechar, foram colados velcros em posições opostas nas bolinhas, na parte externa da mesma, permitindo assim que estas sejam fechadas (Figura 5).

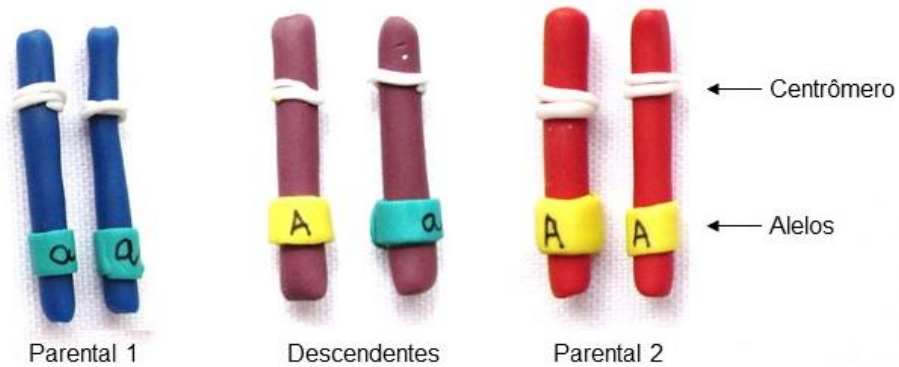


**Figura 5 - Bolas de Isopor 80mm, cortadas ao meio, com buraco de aproximadamente 55mm, e com tiras de velcro para que possam ser fechadas. Fonte: Os autores.**

Com a massinha de biscuit, os cromossomos foram moldados para confeccionar 12 bastões azuis, 12 vermelhos e 8 roxos. A região centromérica foi identificada através de um pedaço da massa na cor branca em todos os bastões.



Para fazer os alelos dominantes, os bastões foram identificados com uma faixa amarela com a letra “A” (6 nos azuis, 6 nos vermelhos, 4 roxos), e os alelos recessivos foram identificados com uma faixa verde escrita a letra “a” (6 nos azuis, 6 nos vermelhos, 4 roxos)( Figura 6).



**Figura 6 - Cromossomos, identificados por cores, região centromérica e alelos. Fonte: Os autores.**

Os pacotes de TNT foram identificados da seguinte maneira (Figura 7):



**Figura 7 - Pacotes para ervilhas. Fonte: Os autores.**

Os conjuntos de bolas e cromossomos foram montados conforme a tabela abaixo:

| <b>Grupo</b>        | <b>Cor Fenotípica</b>                | <b>Conjunto de Cromossomos</b>   |
|---------------------|--------------------------------------|--|
| <b>Parental 1</b>   | Amarela                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 Cromossomos azuis com alelos amarelos</li> </ul>  |
|                     | Amarela                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 cromossomos azuis com alelos amarelos</li> <li>• 2 cromossomos azuis com alelos verdes</li> </ul>         |
|                     | Verde                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 Cromossomos azuis com alelos verdes</li> </ul>  |
| <b>Parental 2</b>   | Amarela                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 Cromossomos vermelhos com alelos amarelos</li> </ul>  |
|                     | Amarela                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Cromossomos Vermelhos com alelos amarelos</li> <li>• 2 Cromossomos Vermelhos com alelos Verdes</li> </ul> |
|                     | Verde                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 Cromossomos Vermelhos com alelos verdes</li> </ul>  |
| <b>Descendentes</b> | Amarela                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Cromossomos roxos com alelos amarelos</li> </ul>  |
|                     | Amarela<br>(fazer dois descendentes) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Cromossomo roxo com alelo amarelo</li> <li>• 1 Cromossomo roxo com alelo verde</li> </ul>                 |
|                     | Verde                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Cromossomos roxos com alelos verdes.</li> </ul>   |

Depois de inseridos os pares de cromossomos nas bolas com característica fenotípicas referentes, as mesmas foram fechadas com velcro e depositadas nos seus respectivos pacotes, Parental 1, Parental 2 e Descendentes.

#### **4.2 Metodologia da atividade**

Nós sugerimos o uso deste material tanto em aula teórica quanto em prática do tema Primeira Lei de Mendel. Por este motivo, vamos dividir a metodologia em duas partes: aula teórica e atividade prática. Para desenvolver este conteúdo é importante que os conteúdos de Biologia celular, especificamente divisão celular, sejam de domínio dos alunos.

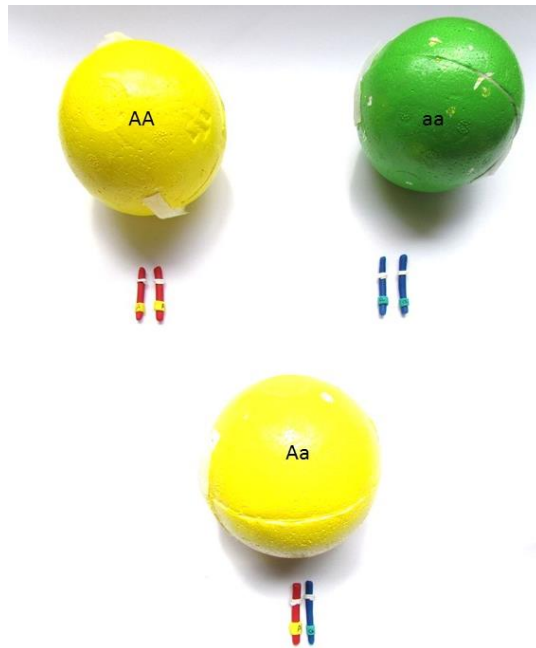
#### 4.2.1 Aula teórica

Para a aula teórica separe os seguintes materiais:

- 1 Ervilha amarela – Genótipo AA – Cromossomo azul
- 1 Ervilha amarela – Genótipo Aa – Cromossomo azul
- 1 Ervilha amarela – Genótipo Aa – Cromossomo vermelho
- 1 Ervilha verde – Genótipo aa – Cromossomo vermelho

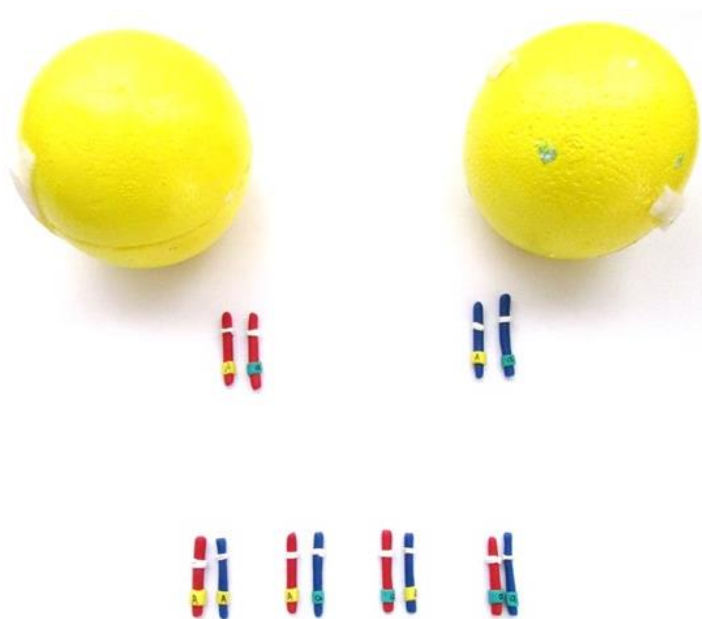
Etapas a serem desenvolvidas na aula teórica:

- Demonstre o experimento de Mendel apresentando apenas os fenótipos, as cores das ervilhas, amarela e verde, conforme a figura 3.
- Explique as suposições de Mendel sobre os fatores hereditários.
- Abra algumas ervilhas e mostre os genótipos. Nesta etapa você pode utilizar os cromossomos de biscoito para apresentar conceitos como cromossomos homólogos, locus, gene, alelo, e o processo de segregação na formação dos gametas.
- Refaça os cruzamentos que Mendel fez, agora utilizando os fenótipos e genótipos também, como o representado pela figura 4. Demonstre o primeiro cruzamento, mostrando os tipos de gametas que cada ervilha homozigota pode formar, e o resultado desta união de gametas, o híbrido “Aa” da geração F<sub>1</sub> (Figura 8).

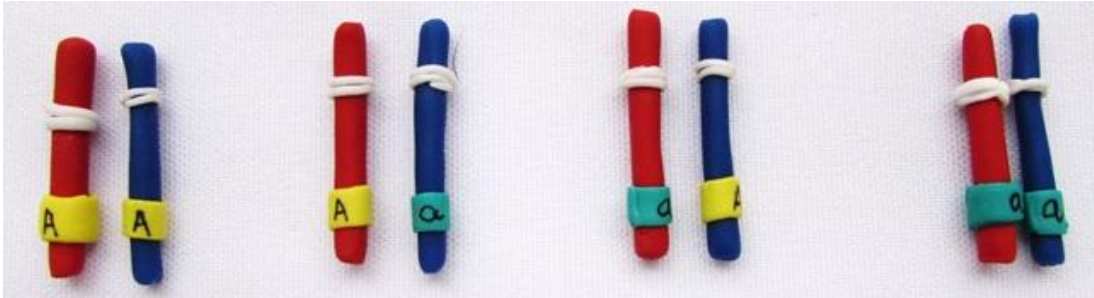


**Figura 8 - Cruzamento das linhagens puras homozigotas, dando origem aos híbridos da geração F<sub>1</sub>. Fonte: Os autores.**

- Faça o cruzamento com as ervilhas heterozigotas “Aa”, novamente mostre os tipos de gametas que poderão ser formados, e faça todas as possíveis combinações, sempre com um representante de cromossomo azul, e o outro vermelho (Figura 9). Assim a visualização da origem do cromossomo fica mais fácil (Figura 10).



**Figura 9 - Cruzamento dos híbridos de F<sub>1</sub>. Fonte: Os autores.**



**Figura 10 - Resultado da distribuição dos alelos de origem do cruzamento de Aa X Aa. As cores dos cromossomos, vermelho e azul, indicam a origem do parental. Os descendentes sempre possuem uma cópia do cromossomo de cada parental. Fonte: Os Autores.**

#### 4.2.2 Atividade prática

A atividade terá duração de aproximadamente 50 minutos. Recomendamos que esta atividade seja aplicada em grupos de 4 ou 5 alunos. Porém, caso seja necessário, pode ser utilizada na sala como um todo, com a coordenação do professor.

Antes do início da atividade deve-se esclarecer aos alunos:

- As bolas representam fenótipo das ervilhas, não o núcleo da célula;
- Os cromossomos que estão dentro representam apenas as possibilidades de gametas a serem produzidos no final da meiose II (não representam o cariótipo da ervilha!);
- Esclarecer que nas ervilhas existe um par de homólogos com o gene da característica cor. Mas dentro das ervilhas dos Parentais 1 e 2, haverá 2 pares de homólogos idênticos (4 cromossomos). Isto servirá somente para que o aluno consiga montar e manter todos os genótipos possíveis a serem formados nos descendentes.
- As cores dos cromossomos parentais servem apenas para guiar os cruzamentos, de maneira a garantir que os genótipos dos possíveis descendentes tenham um cromossomo paterno e um materno. Lembrar que estes formarão um par de homólogos em seus descendentes. Nas ervilhas descendentes os cromossomos possuem outra cor, formando o par de homólogos.

Formar grupos de 4 a 5 alunos e distribuir, por equipe, o seguinte material:

- Um pacote azul contendo as “ervilhas” Parental 1;

- Um pacote vermelho contendo as “ervilhas” Parental 2;
- Um pacote roxo contendo as “ervilhas” Descendentes;
- Tabelas de Cruzamentos (ANEXO 1).

#### **4.2.2.1 Instruções aos alunos**

- A equipe deverá retirar aleatoriamente um exemplar do Parental 1 e Parental 2.
- Identificar os fenótipos e anotar na Tabela.
- Abrir o Parental 1, verificar os tipos de alelos produzidos, e consequentemente seu genótipo.
- Fazer o mesmo processo para o Parental 2.
- Montar o genótipo dos possíveis descendentes.
- Anotar na Tabela os possíveis genótipos, fenótipos e frequências fenotípicas e genotípicas a serem formadas deste cruzamento.
- Retirar aleatoriamente um exemplar do pacote de Descendentes.
- Anotar na Tabela o fenótipo da “ervilha” sorteada, e responder a questão: Fenotipicamente este descendente pode ser resultado do cruzamento em questão? Justifique.
- Abrir a “ervilha”, identificar o genótipo, e responder a questão: É possível que este "descendente sorteado" seja proveniente deste cruzamento? Porque?
- Para justificar as Respostas utilizem dados de frequências fenotípicas e/ou genotípicas, além das informações já coletadas do cruzamento.
- Realizar pelo menos 3 cruzamentos.

#### **4.3 Metodologia de avaliação da atividade**

Foi ministrada a aula teórica sobre a “Primeira Lei de Mendel” a todos os alunos do 1º ano do Colégio Adventista Portão. Após a aula, seriam selecionados aleatoriamente metade dos alunos da classe para participar da atividade “Descobrimos as ervilhas de Mendel”, criando dois grupos amostrais.

A atividade prática seria aplicada conforme as instruções acima.

Como critério de avaliação, aplicaríamos uma lista com 11 questões relacionadas com o conteúdo e com diferentes níveis de dificuldade (ANEXO2).

Seriam comparados, estatisticamente, os desempenhos dos dois grupos amostrais através da lista de exercícios.

Para os alunos do grupo que tiveram somente a aula teórica, seria solicitado um breve relato informando as dificuldades relacionadas ao conteúdo, e se possível, sugestões que facilitassem o aprendizado do mesmo.

No grupo de alunos que participariam da atividade das ervilhas, seria solicitado um relato sobre a experiência com o material, possíveis melhorias e/ou sugestões.

## **5.0 RESULTADOS**

Este trabalho foi submetido ao comitê de ética, pela Plataforma Brasil, no dia 10 de junho de 2015, CAAE 46168615.3.0000.0102, e aprovado no dia 16 de setembro de 2015.

Conforme o cronograma do Colégio Adventista Portão, a aula teórica e a atividade proposta deveriam ocorrer na primeira semana do mês de setembro. Porém, solicitamos o adiamento das aulas porque precisávamos ter a aprovação do comitê de ética para enviar aos responsáveis o Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) e realizar a pesquisa. Conseguimos prorrogar até o dia 15 de setembro, data em que ocorreu a aula teórica.

No dia 15, utilizamos em sala o material de maneira ilustrativa nas três turmas do 1º ano, conforme sugerido a utilização do material em aula teórica, e o desenvolvimento da atividade prática foi realizado em conjunto na sala, no mesmo dia.

Por ter alterado o cronograma da escola uma vez, não conseguimos autorização para utilizar mais uma aula, na semana seguinte, para executar metodologia de avaliação proposta.

Como resultado, escrevemos um artigo sobre o material didático desenvolvido, e este será submetido à Revista Genética na Escola na seção Material didático.

## 5.1 Artigo

### DESCOBRINDO AS ERVILHAS DE MENDEL

Laís Fernanda Oya Silva<sup>1</sup>, Charles Michel Sezyshta<sup>2</sup>, Lupe Furtado Alle<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Genética, Universidade Federal do Paraná, Paraná

<sup>2</sup> Graduando do curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Paraná

<sup>3</sup> Departamento de Genética, Universidade Federal do Paraná, Paraná

#### Resumo

Conteúdos de genética necessitam de conhecimentos consolidados em diferentes áreas como a biologia celular, molecular e, inclusive, matemática. Por envolver conceitos abstratos e ao mesmo tempo raciocínio lógico-matemático, é uma das áreas na qual os alunos, tanto de ensino médio quanto superior, têm maior dificuldade no aprendizado, principalmente quando o tema é a segregação alélica (Primeira Lei de Mendel). Apresentamos uma proposta de ferramenta didática que recria o experimento de Mendel com elementos concretos. Este material foi desenvolvido com o objetivo de ser um apoio aos professores para consolidar conceitos (alelos, genes, cromossomos, segregação, genótipo, fenótipo), demonstrar visualmente a dinâmica da Primeira lei de Mendel, e apresentar como a separação dos homólogos na produção de gametas e do seu novo pareamento na formação do zigoto contribuem com a variabilidade genética.

#### Introdução

A genética está presente no nosso cotidiano, a mídia nos apresenta notícias sobre alimentos ou insetos transgênicos, clones, testes de DNA, doenças hereditárias, melhoramento genético, genética do câncer, genes relacionados ao comportamento. Mas, será que todos nós compreendemos como o que tudo isso significa? Ou como são desenvolvidas estas pesquisas?

Para compreender estas questões da genética contemporânea, é necessário ter o domínio do conhecimento de alguns conceitos e processos básicos. Por isso, a genética é introduzida no currículo escolar de maneira gradativa. O primeiro contato ocorre no 8º ano do ensino fundamental, onde algumas estruturas são apresentadas como: núcleo, cromossomos, DNA e genes. Nesta etapa, os alunos conhecem o experimento de Mendel de maneira bem superficial, para começar a entender como



ocorre a transmissão de características hereditárias. No ensino médio, os primeiros conceitos de genética vistos no ensino fundamental são retomados. É muito importante que esses estejam bem consolidados para que os conteúdos de Primeira e Segunda Lei de Mendel, interações alélicas, mapas ligação, e evolução, por exemplo, sejam também aprendizagens significativas.

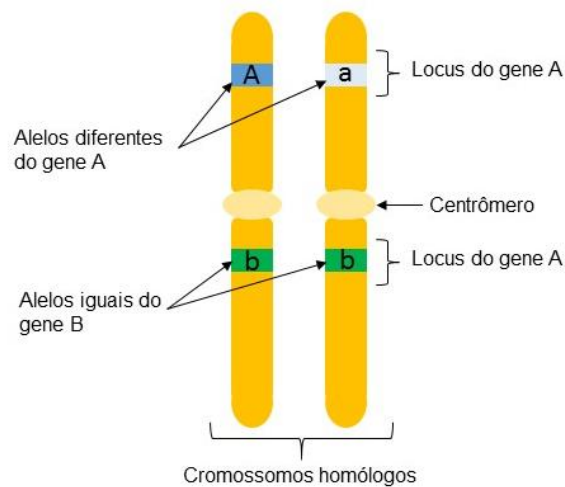
Como a genética abrange conteúdos abstratos e raciocínio lógico-matemático, os alunos acabam decorando conceitos, e tornam mecânica a resolução de exercícios de Primeira e Segunda Lei de Mendel. Mas quando são instigados a interpretar os resultados obtidos, não conseguem compreender os processos genéticos subjacentes ou vinculá-los aos temas relacionados à genética presentes no seu cotidiano.

Este cenário de não compreensão da genética, dificuldade no aprendizado, e até mesmo uma aversão do conteúdo, está presente tanto nos alunos de ensino médio quanto em alunos de graduação de diferentes cursos.

A presente proposta de material didático tem como objetivo facilitar o estudo da genética mendeliana e seus conceitos básicos (cromossomos, cromossomos homólogos, genes, alelos, locus, segregação, genótipo, fenótipo) através da recriação dos experimentos de Mendel. Este material foi inicialmente desenvolvido para alunos de ensino médio, mas pode ser adaptado para turmas de 8º ano do ensino fundamental e do ensino superior. Vamos dividir a aplicação do material em dois momentos: uma sugestão para aula teórica e a atividade prática.

### **Conceitos básicos de genética e a Primeira Lei de Mendel**

Antes de explicar a Primeira Lei de Mendel, é necessário compreender alguns conceitos e processos da formação dos gametas. Os organismos eucariontes diploides ( $2n$ ) possuem em seu núcleo celular dois conjuntos de cromossomos, ou seja, contêm pares de cromossomos homólogos (Figura 1). Cromossomos homólogos são similares na estrutura e de mesmo tamanho, um é proveniente do genitor masculino e o outro do feminino (ALBERTS *et al.*, 2006; SNUSTAD *et al.*, 2008).



**Figura 1 - Representação de um par de cromossomos homólogos, genes, alelos e locus.**  
**FONTE: Os autores.**

Os cromossomos homólogos possuem os mesmos genes (porções de DNA que controlam uma característica hereditária específica) localizados em regiões fixas denominadas locus (Figura 1). Cada gene pode ter formas alternativas, essas são chamadas de alelos. Assim, os alelos estão presentes aos pares, um em cada cromossomo homólogo, e sempre no mesmo locus. Os alelos, de um mesmo gene, são representados pelo mesmo símbolo básico, por exemplo: letras maiúsculas e minúsculas (“A” e “a”, “B” e “b”), quando existem apenas duas formas alélicas com relação de dominância entre si; ou sequências numeradas de uma mesma letra (“A1”, “A2”, “A3”, “A4”...) quando existem mais de duas formas alélicas (Figura 1). Todas as células de organismos diploides ( $2n$ ) possuem dois conjuntos cromossômicos específicos da espécie, exceto, em suas células reprodutivas (gametas). Os gametas, óvulos e espermatozoides, são chamadas de células haploides ( $n$ ) por possuírem apenas um conjunto cromossômico, ou seja, contém apenas um cromossomo de cada par de homólogos de suas células diploides (ALBERTS *et al.*, 2006; SNUSTAD *et al.*, 2008).

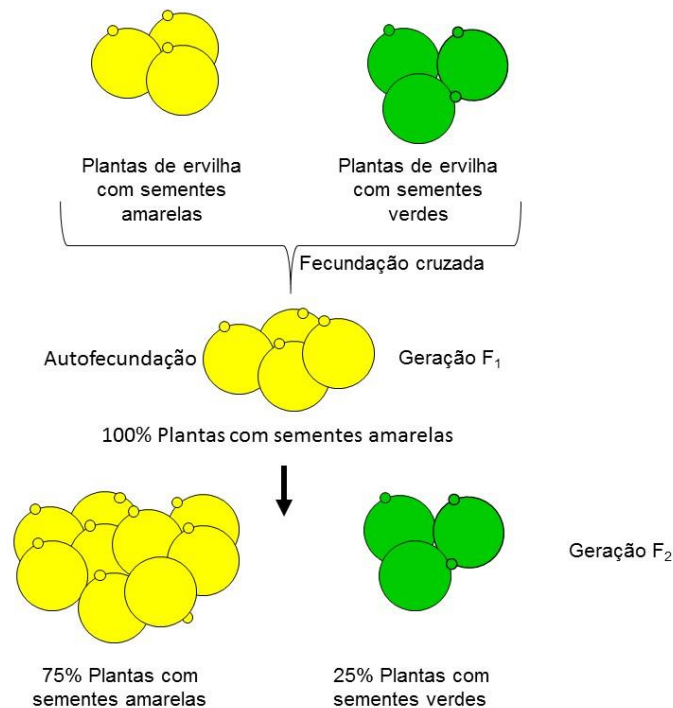
Os gametas tornam-se haploides após passarem pelo processo de meiose, onde ocorre na meiose I (Reducional) a separação dos cromossomos homólogos, e posteriormente na meiose II (equacional) a separação das cromátides irmãs (cópias de um cromossomo ligadas pelo centrômero). No final deste processo, uma célula diploide ( $2n$ ) dará origem a quatro células haploides ( $n$ ) (ALBERTS *et al.*, 2006).

Quando ocorre a união dos gametas ( $n$ ), fecundação, surge um zigoto que dará origem a um novo indivíduo diploide ( $2n$ ). A meiose tem um papel fundamental na manutenção do número de cromossomos das espécies eucariontes durante a reprodução. Sem o processo da meiose, a quantidade de cromossomos seria duplicada a cada geração, e isso geraria uma situação insuportável tanto pela limitação de tamanho como capacidade metabólica das células ALBERTS *et al.*, 2006).

Primeira Lei de Mendel, ou lei da segregação, diz respeito à segregação alélica. Os pares de alelos para cada característica são separados durante a formação dos gametas dos parentais, e posteriormente, na fecundação, essas células haploides se reúnem de maneira aleatória. Assim, cada genitor contribui igualmente para a prole. Esta constituição genética do organismo é denominada genótipo (ALBERTS *et al.*, 2006).

Gregor Mendel desenvolveu seu trabalho sem conhecer nenhum dos conceitos mencionados acima. Mendel queria entender como os fenótipos eram transmitidos, e porque algumas características desapareciam em alguns descendentes, e reapareciam em outras gerações. Ele trabalhou com uma espécie de ervilha, observando características como: cores das ervilhas e vagens (amarela/verde), cor das flores (brancas/púrpuras), formato da ervilha (lisa/rugosa), formato da vagem (inflada/constrita), posição das flores (terminal/axial), tamanho da planta (alta/baixa). Essas características observáveis são definidas como fenótipo (ALBERTS *et al.*, 2006).

Mendel fez autofecundação de diversas ervilhas até encontrar as linhagens puras, aquelas cuja progênie é fenotipicamente semelhante ao parental. Após encontra-las, ele cruzou plantas que geravam apenas ervilhas verdes com plantas que geravam apenas amarelas. Desse cruzamento ele obteve a geração  $F_1$  gerando apenas ervilhas amarelas, o fenótipo verde havia desaparecido. Mendel fez a autofecundação nas plantas  $F_1$ , dando origem a geração  $F_2$ . Em  $F_2$  as plantas apresentavam os dois fenótipos na proporção de 3 amarelas para 1 verde (Figura 2) (ALBERTS *et al.*, 2006).



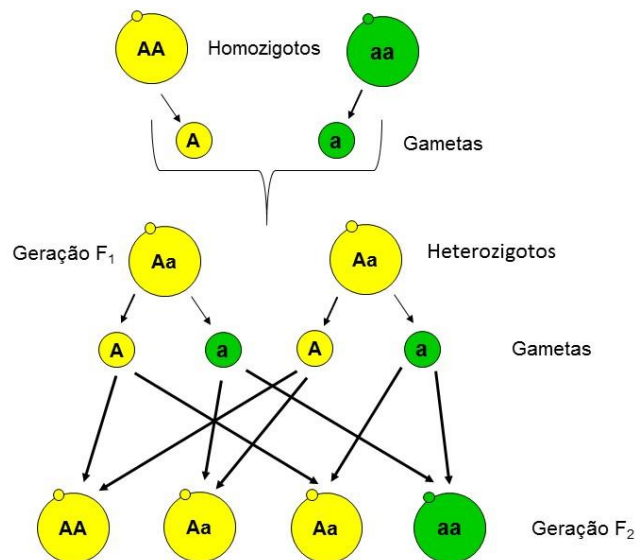
**Figura 2 - Experimento de Mendel. Fonte: Os autores**

Para explicar os resultados obtidos, Mendel supôs que a herança das características é governada por fatores hereditários, que hoje denominamos genes, e esses fatores atuam como partículas discretas que permanecem isoladas. Além disso, ele sugeriu que esses fatores apresentavam versões alternativas, hoje conhecidos por alelos, que definiam se a coloração seria amarela ou verde, e tinham algum tipo de interação (ALBERTS *et al.*, 2006).

Mendel imaginou que para cada característica expressa, a planta herdaria dois alelos, um de cada genitor. O fenótipo dependeria de quais alelos seriam herdados. Quando herdados alelos idênticos são chamados de homozigotos, como no caso das ervilhas que geraram F<sub>1</sub>, (amarelas - AA, verdes - aa). Os híbridos de F<sub>1</sub> são chamados de heterozigotos, pois herdaram um alelo "A" (amarelo) e outro "a" (verde) (ALBERTS *et al.*, 2006).

Mendel supôs que haviam alelos dominantes e recessivos. O alelo dominante, quando presente, seria determinante na expressão do fenótipo. Enquanto alelo recessivo, ou silenciado, não tem capacidade de se manifestar quando um outro

alelo dominante está presente, ou seja, ele só será expresso quando em homozigose (Figura 3) (ALBERTS *et al.*, 2006).



**Figura 3 - Dinâmica da distribuição dos alelos, explicação utilizada por Mendel para explicar os resultados obtidos. Fonte: Os autores.**

Desta maneira, Mendel conseguiu explicar como o fenótipo verde desapareceu na geração F1, e voltou a ressurgir na geração F2.

## Objetivo Geral

O material a ser desenvolvido tem como objetivo servir de apoio aos professores para consolidar conceitos como: alelos; genes; locus; cromossomos; cromossomos homólogos; segregação; genótipo e fenótipo.

## Objetivos Específicos

- Atrair a atenção e instigar a curiosidade dos alunos, fazendo com que estes visualizem no passo-a-passo a dinâmica da Primeira Lei de Mendel.
- Facilitar a compreensão do produto da meiose II no processo da gametogênese.

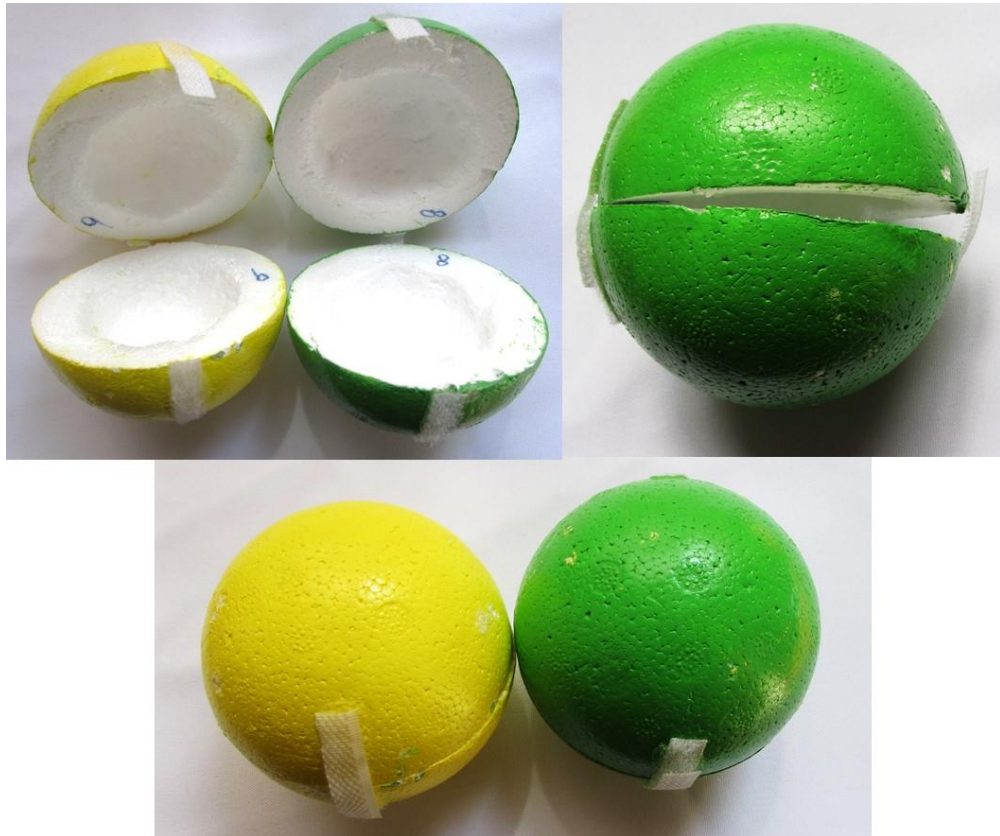
- Demonstrar a variabilidade na formação de gametas e nos possíveis descendentes por meio do pareamento dos cromossomos homólogos na formação do zigoto.
- Distinguir caracteres genotípicos e fenotípicos, bem como suas frequências.

### **Materiais necessários**

- Massa de Biscuit nas cores: Branca, verde, amarela, azul, vermelha, roxa.
- Pacotinhos de TNT nas cores: vermelha, azul, roxa.
- 12 Bolinhas de Isopor de 80mm.
- Tinta acrílica nas cores: Amarela e verde.
- Velcro
- Cola quente
- Estilete
- Tesoura
- Pincel
- Caneta de tinta permanente

### **Produzindo as ervilhas**

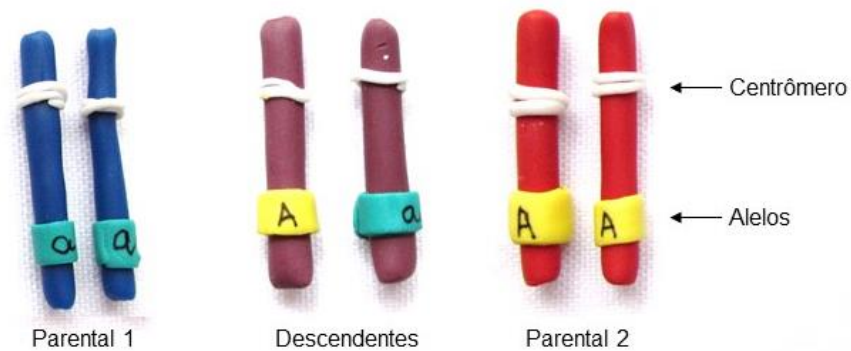
1. Cortar as bolas de isopor ao meio, e retirar uma porção interna para formar um buraco de aproximadamente 5,5cm de diâmetro. Fazer uma identificação nas duas metades da bola para, posteriormente unir os pares corretos (Figura 4).
2. Pintar 8 bolas na cor amarela e 4 bolas na cor verde (Figura 4).
3. Quando a tinta estiver seca, colar as tiras de velcro em posições opostas da bola, permitindo que estas sejam fechadas. Atenção, o velcro deve ser colado com cola quente, porém, a cola não pode estar em temperatura muito alta para não derreter a bola de isopor. Recomendamos passar a cola no velcro, esperar alguns segundos, para esfriar, antes de aderir à superfície da bola (Figura 4).



**Figura 4 - Bolas de Isopor 80mm, cortadas ao meio, com buraco de aproximadamente 55mm, e com tiras de velcro para que possam ser fechadas. Fonte: Os autores.**

### **Produzindo os cromossomos**

1. Moldar as massinhas de biscuit, os cromossomos em forma de bastões. 12 azuis, 12 vermelhos, 8 roxos. Ainda com a massinha, identificar com a cor branca a região centromérica (Figura 5).
2. Para representar os alelos dominantes, fazer uma faixa amarela nos bastões de cada cor (6 - azul, 6 - vermelho e 4 - roxo), sempre na mesma região (Figura 5).
3. Para os alelos recessivos, fazer uma faixa verde nos bastões de cada cor (6 - azul, 6 - vermelho e 4- roxo), sempre na mesma região(Figura 5).
4. Quando a massinha de biscuit estiver seca, escrever, com caneta permanente, a letra "A" nos alelos dominantes (amarelos) e a letra "a" nos alelos recessivos (verdes) (Figura 5).



**Figura 5 - Cromossomos, identificados por cores, região centromérica e alelos. Fonte: Os autores.**

### Pacotes de sorteio

1. Faça três saquinhos de TNT, um azul, um vermelho e outro roxo. E identifique-os como: Parental 1 (azul), Parental 2 (vermelho) e Descendentes (Roxo) (Figura 6).



**Figura 6 - Pacotes de TNT com identificações: Parental 1, Parental 2 e Descendentes. Fonte: Os autores.**

### Montando os conjuntos

1. Inserir nas bolas os respectivos cromossomos (conforme a tabela abaixo). Observar que nos parentais 1 e 2, irão dois pares de cromossomos homólogos, e nos descendentes apenas um par.



2. Depositar as bolas dentro dos saquinhos correspondentes à cor de seus cromossomos conforme a Tabela abaixo.

**Tabela 1 - Relação de Ervilhas por grupo, fenótipo e conjunto de cromossomos. Fonte: Os autores.**

| <b>Grupo</b>                    | <b>Cor Fenotípica</b> | <b>Conjunto de Cromossomos</b>   |
|---------------------------------|-----------------------|--|
| <b>Parental 1</b>               | Amarela               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 Cromossomos azuis com alelos amarelos</li> </ul>  |
|                                 | Amarela               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 cromossomos azuis com alelos amarelos</li> <li>• 2 cromossomos azuis com alelos verdes</li> </ul>         |
|                                 | Verde                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 Cromossomos azuis com alelos verdes</li> </ul>  |
| <b>Parental 2</b>               | Amarela               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 Cromossomos vermelhos com alelos amarelos</li> </ul>  |
|                                 | Amarela               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Cromossomos Vermelhos com alelos amarelos</li> <li>• 2 Cromossomos Vermelhos com alelos Verdes</li> </ul> |
|                                 | Verde                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 Cromossomos Vermelhos com alelos verdes</li> </ul>  |
| <b>Descendentes (2 de cada)</b> | Amarela               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Cromossomos roxos com alelos amarelos</li> </ul>  |
|                                 | Amarela               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Cromossomo roxo com alelo amarelo</li> <li>• 1 Cromossomo roxo com alelo verde</li> </ul>                 |
|                                 | Verde                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Cromossomos roxos com alelos verdes.</li> </ul>   |

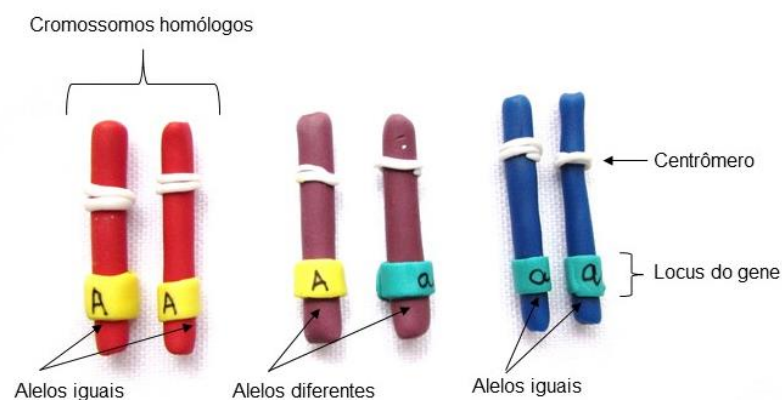
### **Sugestão para aula teórica**

Para a aula teórica separe os seguintes materiais:

- 1 Ervilha amarela – Genótipo AA – Cromossomo azul
- 1 Ervilha amarela – Genótipo Aa – Cromossomo azul
- 1 Ervilha amarela – Genótipo Aa – Cromossomo vermelho
- 1 Ervilha verde – Genótipo aa – Cromossomo vermelho

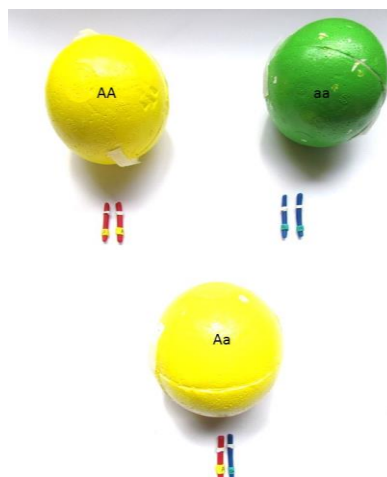
Etapas a serem desenvolvidas na aula teórica:

- Demonstrar o experimento de Mendel apresentando apenas os fenótipos, as cores das ervilhas, amarela e verde, conforme a figura 2.
- Explicar as suposições de Mendel sobre os fatores hereditários.
- Abrir algumas ervilhas e mostrar os genótipos. Nesta etapa você pode utilizar os cromossomos de biscoito para apresentar conceitos como cromossomos homólogos, *locus*, gene, alelo, heterozigoto, homozigoto e o processo de segregação na formação dos gametas (Figura 7).



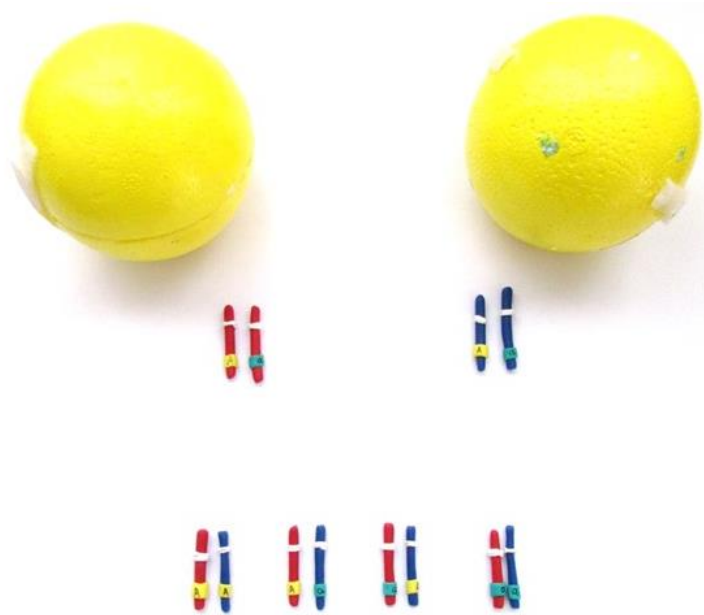
**Figura 7 - Cromossomos de biscoito destacando locus, alelos, centrômero. Fonte: Os autores.**

- Refazer os cruzamentos que Mendel fez, agora utilizando os fenótipos e genótipos também, como o representado pela figura 4. Demonstrar o primeiro cruzamento, mostrando os tipos de gametas que cada ervilha homozigota pode formar, e o resultado desta união de gametas, o híbrido “Aa” da geração F<sub>1</sub> (Figura 8).

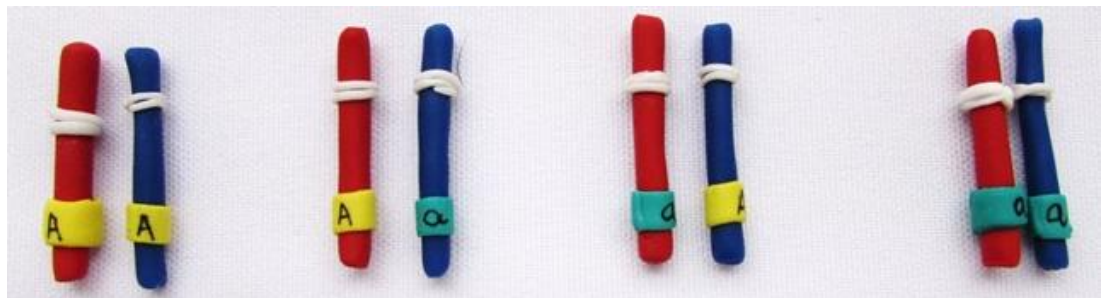


**Figura 8 - Cruzamento das linhagens puras homozigotas, dando origem aos híbridos da geração F<sub>1</sub>. Fonte: Os autores.**

- Fazer o cruzamento com as ervilhas heterozigotas “Aa”, novamente mostrar os tipos de gametas que poderão ser formados, e fazer todas as possíveis combinações, sempre com um representante de cromossomo azul, e o outro vermelho (Figura 9 e 10). Assim a visualização da origem do cromossomo fica mais fácil.



**Figura 9 - Cruzamento dos híbridos de F<sub>1</sub>. Fonte: Os autores.**



**Figura 10- Resultado da distribuição os alelos de origem do cruzamento de Aa X Aa. As cores dos cromossomos, vermelho e azul, indicam a origem do parental. Os descendentes sempre possuem uma cópia do cromossomo de cada parental. Fonte: Os autores.**

### Atividade prática

A atividade terá duração de aproximadamente 50 minutos.

Recomendamos que esta atividade seja aplicada em grupos de 4 ou 5 alunos. Porém, se isso não for possível, pode ser utilizada na sala como um todo, com a coordenação do professor.

Antes do início da atividade deve-se esclarecer aos alunos:

- As bolas representam fenótipo das ervilhas, não o núcleo da célula;
- Os cromossomos que estão dentro representam apenas as possibilidades de gametas a serem produzidos no final da meiose II (não representam o cariótipo da ervilha!);
- Esclarecer que nas ervilhas existe um par de homólogos com o gene da característica cor. Mas dentro das ervilhas dos Parentais 1 e 2, haverá 2 pares de homólogos idênticos (4 cromossomos), isto servirá simplesmente para que o aluno consiga montar e manter todos os genótipos possíveis a serem formados nos descendentes, conforme representado pela figura 10;
- As cores dos cromossomos parentais servem apenas para guiar os cruzamentos, de maneira a garantir que os genótipos dos possíveis descendentes tenham um cromossomo paterno e um materno. Lembrar que estes formarão um par de homólogos em seus descendentes. Nas ervilhas descendentes os cromossomos possuem outra cor, formando o par de homólogos.

Formar grupos de 4 a 5 alunos e distribuir, por equipe, o seguinte material:

- Um pacote azul contendo as “ervilhas” Parental 1;
- Um pacote vermelho contendo as “ervilhas” Parental 2;
- Um pacote roxo contendo as “ervilhas” Descendentes;
- Tabelas de Cruzamentos (Tabela 2).

|                        |   | Cruzamento __ |  |    |  |
|------------------------|---|---------------|--|----|--|
|                        |   | P1            |  | P2 |  |
| Parentais              | Fenótipo  |               |  |    |  |
|                        | Genótipo  |               |  |    |  |
|                        | Tipos de alelos produzidos  |               |  |    |  |
| Possíveis Descendentes | Genótipo  |               |  |    |  |
|                        | Fenótipo  |               |  |    |  |
|                        | Frequências Genotípicas   |               |  |    |  |
|                        | Frequências Fenotípicas   |               |  |    |  |
| Sorteio                | Fenótipo  |               |  |    |  |
|                        | Fenotipicamente este descendente pode ser resultado do cruzamento em questão? Justifique. |               |  |    |  |
|                        | Genótipo  |               |  |    |  |
|                        | É possível que este "descendente sorteado" seja proveniente deste cruzamento? Porque?     |               |  |    |  |

### Instruções aos alunos

- A equipe deverá retirar aleatoriamente um exemplar do Parental 1 e Parental 2.
- Identificar os fenótipos e anotar na Tabela.
- Abrir o Parental 1, verificar os tipos de alelos produzidos, e consequentemente seu genótipo.
- Fazer o mesmo processo para o Parental 2.
- Montar o genótipo dos possíveis descendentes.
- Anotar na Tabela os possíveis genótipos, fenótipos e frequências fenotípicas e genotípicas a serem formadas deste cruzamento.
- Retirar aleatoriamente um exemplar do pacote de Descendentes.

- Anotar na Tabela o fenótipo da “ervilha” sorteada, e responder a questão: Fenotipicamente este descendente pode ser resultado do cruzamento em questão? Justifique.
- Abrir a “ervilha”, verificar identificar o genótipo, e responder a questão: É possível que este "descendente sorteado" seja proveniente deste cruzamento? Porque?
- Para justificar as Respostas utilizar dados de frequências fenotípicas e/ou genotípicas, além das informações já coletadas do cruzamento.
- Realizar pelo menos 3 cruzamentos.

### **Avaliação da atividade**

Nos últimos 10 minutos de aula, reunir os grupos para fazer uma avaliação através da discussão dos resultados obtidos. É importante fazer a discussão, sempre utilizando os termos fenótipo, genótipo e alelos para avaliar se houve assimilação. Através das últimas questões é possível avaliar se os alunos compreenderam os processos de segregação envolvidos na Lei de Mendel.

### **Referências**

ALBERTS, B.; BRAY, D.; HOPKIN, K.; JOHNSON, A.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WALTER, P. **Fundamentos da Biologia Celular**. Artmed Editora S.A., 2ª ed: Porto alegre, 2006.

SNUSTAD, D.P.; SIMMONS, M.J. **Princípios de Genética**. Guanabara Koogan, 4ªed.: Rio de Janeiro, 2008.

## 6.0 CONCLUSÃO

Apesar de não terem sido aplicados os exercícios para avaliar a eficácia do material, durante a experiência em sala de aula constatamos que esta ferramenta didática chama muito a atenção dos alunos. E, quando cromossomos, DNA e genes deixam de ser apenas conceitos e passam a ser algo material, fica mais fácil e interessante de visualizar os processos de segregação alélica.

Não podemos esperar que os alunos façam as relações entre os conceitos e processos sozinhos, o professor é fundamental para desenvolver o cenário, contribuir na formação destas relações e construção do conhecimento sólido. Porém, quando o conteúdo é abstrato, ou microscópico, cabe ao professor buscar ferramentas concretas que auxiliem no processo ensino-aprendizagem.

Nós, frequentadores da academia, estamos em um estágio transitório, deixamos de ser alunos para nos tornar profissionais da educação. E nesta situação, ainda temos lembranças das nossas dificuldades de compreender diversos conteúdos de biologia, entre eles a genética, mas agora temos muito mais conhecimento. Então, como educadores devemos desenvolver materiais, que amenizem as dificuldades de alunos do ensino fundamental e médio, e publicá-los. Esta ponte entre Universidade e escola é fundamental para que o conhecimento seja realmente difundido.

Concluimos que este trabalho, apesar de não ter sido avaliado sua eficácia, cumpriu com o objetivo proposto de consolidar conceitos, atrair a atenção e motivar os alunos, compreender a importância da formação dos gametas e a variabilidade genética no pareamento dos cromossomos homólogos.

## 7.0 BIBLIOGRAFIA

ALBERTS, B.; BRAY, D.; HOPKIN, K.; JOHNSON, A.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WALTER, P. **Fundamentos da Biologia Celular**. Artmed Editora S.A., 2ª ed: Porto alegre, 2006.

ANDRADE, D.M.; CAETANO, M.; FONSECA, A.L.; SILVA, R.A.; FONSECA, G.A.; CAMPOS, R.B.F. **A percepção de professores acerca das dificuldades de aprendizagem dos alunos**. Disponível em: <<http://www.funedi.edu.br/revista/>> Acesso em: 26/03/2015. Revista ISEC/ISED – Formação de Professores, nº2, 2011.

CAMPOS, L. M. L.; BORTOLOTO, T. M.; FELÍCIO, A. K. C. **A produção de jogos didáticos para o ensino de ciências e biologia: uma proposta para favorecer a aprendizagem**. Cadernos dos Núcleos de Ensino, p. 35-48, 2003.

CANAL, R. R.; BASTOS, F. **A Abordagem de Temas Contemporâneos no Ensino de Biologia**: análise de uma experiência. Encontro Regional de Ensino de Biologia(1:2001: Niterói) Niterói 2001.

CID, M.P.C. **Da aprendizagem dos alunos à construção do conhecimento do professor de biologia: Um estudo no âmbito da genética**. Tese de Doutorado. Universidade de Évora, 2004.

CID, M.; NETO, A.J. **Dificuldades de aprendizagem e conhecimento pedagógico do conteúdo: o caso da genética**. In: Enseñanza de las Ciencias. 2005. p. 1-5.

CUNHA, N. H. S. **Brinquedo, desafio e descoberta: subsídios para utilização e confecção de brinquedos**. Rio de Janeiro: FAE, 1988.

FABRÍCIO, M. F. L.; JÓFILI, Z. M.S.; SEMEN, L. S.M.; LEÃO, A. M.A.C. **A Compreensão das Leis de Mendel por Alunos de Biologia na Educação Básica e na Licenciatura**. Ensaio – Pesquisa em Educação e Ciências, Vol.08, Ano 01. Julho, 2006.

GOLDBACH, Tânia; MACEDO, A. G. **Olhares e tendências na produção acadêmica nacional envolvendo o ensino de genética e de temáticas afins: Contribuições para uma nova “genética escolar”**. Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 2007.

GOMES, R. R.; FRIEDRICH, M. A. **Contribuição dos jogos didáticos na aprendizagem de conteúdos de Ciências e Biologia**. Erebio, v. 1, p. 389-92, 2001.

KISHIMOTO, T.M. **Jogo, Brinquedo, Brincadeira e a Educação**. Cortez, São Paulo, 1996.

MIRANDA, S. **No Fascínio do Jogo, a Alegria de Aprender**. In: Ciência Hoje, v.28, 2001.

SNUSTAD, D.P.; SIMMONS, M.J. **Princípios de Genética**. Guanabara Koogan, 4ªed.: Rio de Janeiro, 2008.

WOOD-ROBINSON, C.; LEWIS, J.; LEACH, J. **Young people's understanding of the nature of genetic information in the cells of an organism**. Journal of Biological Education, v. 35, n. 1, p. 29-36, 2000.



## ANEXO 1 – Tabela de Cruzamentos

|                        |   | Cruzamento __ |  |    |  |
|------------------------|---|---------------|--|----|--|
| Parentais              | Fenótipo  | P1            |  | P2 |  |
|                        | Genótipo  |               |  |    |  |
|                        | Tipos de alelos produzidos  |               |  |    |  |
| Possíveis Descendentes | Genótipo  |               |  |    |  |
|                        | Fenótipo  |               |  |    |  |
|                        | Frequências Genotípicas   |               |  |    |  |
|                        | Frequências Fenotípicas   |               |  |    |  |
| Sorteio                | Fenótipo  |               |  |    |  |
|                        | Fenotipicamente este descendente pode ser resultado do cruzamento em questão? Justifique. |               |  |    |  |
|                        | Genótipo  |               |  |    |  |
|                        | É possível que este "descendente sorteado" seja proveniente deste cruzamento? Porque?     |               |  |    |  |
|                        |   |               |  |    |  |

**ANEXO 2 – Exercícios Propostos**

1) Determine quais são os possíveis gametas e suas frequências para os genótipos abaixo:

- a-) AA
- b-) Bb
- c-) cc
- d-) Dd
- e-) EE.

2) Imagine a existência de um gene *a*, recessivo e letal (mortal), em galinhas na fase de embrião. Se um galo e uma galinha heterozigotos para se gene forem cruzados, qual será a proporção esperada de ovos que eclodirão? Determine o genótipo e o fenótipo dos descendentes em proporção.

3) Em cobaias, a cor preta é dominante sobre a cor branca. O cruzamento de duas cobaias, produziu 10 descendentes pretos e 10 descendentes brancos. Determine o genótipo dos pais, faça o cruzamento e dê as relações genóticas e fenóticas dos descendentes.

4) Na ervilha-de-cheiro, o gene dominante determina plantas altas e seu alelo recessivo, plantas baixas. Do cruzamento de plantas altas heterozigotas entre si, resultaram 160 descendentes. Faça o cruzamento, determine o genótipo e o fenótipo em número e diga quantas plantas baixas resultaram deste cruzamento.

5) O albinismo na espécie humana é determinado por um par de alelos recessivos. O gene *A* condiciona pigmentação normal e o gene *a* o albinismo. Pergunta-se:

- a) qual o resultado esperado do casamento de dois indivíduos com pigmentação normal, ambos híbridos?
- b) existe a probabilidade, deste casal, vir a ter um filho albino? Se possível, determine a porcentagem.
- c) qual a porcentagem genotípica e fenotípica dos descendentes?

6) Em algumas plantas o caráter denteado das folhas domina o caráter liso. Numa experiência de polinização cruzada, foi obtido o seguinte resultado: 81 denteadas e 83 lisas. A provável fórmula genética dos cruzantes é:

- a) Dd x dd
- b) DD x dd

- c) Dd x Dd
- d) DD x Dd
- e) DD x DD

7) De um cruzamento, obteve-se uma linhagem constituída de 66 % de indivíduos com flores róseas e 34 % com flores vermelhas. Qual a provável fórmula genética dos parentais?

- a) VV x BB
- b) VB x VB
- c) VB x VV
- d) VB x BB
- e) BB x BB

8) Podemos dizer que o fenótipo de um indivíduo é dado por suas características:

- a) unicamente morfológicas.
- b) morfológicas e fisiológicas apenas.
- c) estruturais, funcionais e comportamentais.
- d) herdáveis e não herdáveis.
- e) hereditárias

9) A 1ª lei de Mendel considera que:

- a) os gametas são produzidos por um processo de divisão chamado meiose.
- b) na mitose, os pares de fatores segregam-se independentemente.
- c) os gametas são puros, ou seja, apresentam apenas um componente de cada par de fatores considerado.
- d) o gene recessivo se manifesta unicamente em homozigose.
- e) a determinação do sexo se dá no momento da fecundação.

10) Um homem de aspecto exterior normal, casado com uma mulher normal, tem 11 filhos, todos normais. O seu irmão gêmeo, univitelino, tem 6 filhos normais e dois albinos. Qual o genótipo dos dois irmãos e das duas mulheres?

- a) irmãos (Aa), 1ª mulher (AA) e 2ª mulher (Aa ou aa)
- b) irmãos (AA e Aa), 1ª mulher (Aa) e 2ª mulher (Aa ou aa)
- c) irmãos (AA), 1ª mulher (AA) e 2ª mulher (Aa ou aa)
- d) irmãos (AA), 1ª mulher (AA ou Aa) e 2ª mulher (Aa)
- e) irmãos (Aa), 1ª mulher (Aa) e 2ª mulher (AA)

11) O albinismo, a ausência total de pigmento é devido a um gene recessivo. Um homem e uma mulher planejam se casar e desejam saber qual a probabilidade de terem um filho albino. O que você lhes diria se ( **a** ) embora ambos tenham pigmentação normal, cada um tem um genitor albino; ( **b** ) o homem é um albino, a mulher é normal mas o pai dela é albino; ( **c** ) o homem é albino e na família da mulher não há albinos por muitas gerações. As respostas para estas três questões, na sequência em que foram pedidas, são:

- a) 50%; 50%; 100%
- b) 25%; 50%; 0%
- c) 100%; 50%; 0%
- d) 0%; 25%; 100%
- e) 25%; 100%; 10%